

『学習院大学 経済論集』第51巻 第1号（2014年4月）

# 電力産業の競争と規制改革（Ⅰ）

南部 鶴彦\*

## はじめに

本稿は「電力システム改革論」が国民経済の観点すなわち消費者主権の理念から見て、効率性及び公正性を増大させるかあるいはパレート優位な状況を生み出しているものなのか否かについて基礎的な分析を行う。この分析が必要とされるのは最近ほぼ20年間「改革」とか「自由化」、「市場メカニズム」などの言葉があたかもそれ自体「善」であるかのような錯覚を経済政策論に与えているからである。旧来の総括原価方式の持つ問題点は数多く指摘されている。これについての詳論は続篇で行うこととし、1から5までは“positive”な観点から電力産業への自由化、全面的競争導入の一つのモデル化を行い、6において消費者の視点から小売自由化の評価を行う。

## 1. インフラ型産業の固定費の回収

議論を単純化するため最初に固定費の回収自体が経済的な問題とならないケースを考えてみよう。完全競争が想定するシステムは固定資本は完全に分割可能である。つまりいかに小さな規模であっても参入はより大規模な企業に比して不利とならないという仮定から自由な参入が保障されている。固定資本を一定のコストで伸縮的に調達できるということは資本についてレンタル市場が存在するのと同義である。すなわち必要ときに必要な規模だけ固定資本相当分が一定の市場価格で入手できかつ不要となったら即座にレンタルを停止することができる。このケースでは固定資本がサンクされないので固定費の回収問題は発生しない。

しかし現実の社会では固定費にあたる固定設備をレンタルで調達できるケースは稀で、通常は一旦投資すればそれはサンクされる。このとき固定費支出を賄うことができない企業は淘汰されるが、淘汰は市場の判断を誤った企業の自己責任であり、非効率な企業が市場から退場することは産業の効率性を担保するものと考えられる。これは固定設備の規模が大きくなっても変わらない。いわゆる大型倒産も地域社会にネガティブな影響を与える可能性はあるが、経営者の判断の誤りや需要構造の変化などによってその企業に資源を投入し続けることが非効率であれば、撤退は社会的に有効である。

---

\*) 本研究は文科省科研費「分散型電力システムの制度設計と社会経済的評価、その地域再生への寄与に関する研究」の補助を受けている。

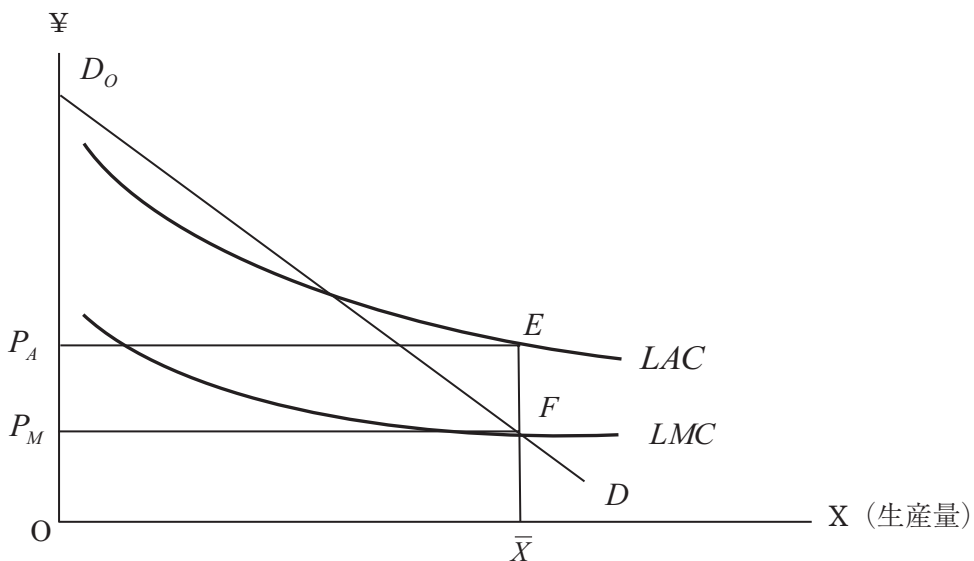
ではこの議論をいわゆる社会的インフラを担う産業部門にもそのまま適用することは可能だろうか。すなわち電力に代表されるような規模の経済性が大きく、限界費用で供給するとしたら赤字が発生し、固定費の回収が不可能となる可能性がある産業についても、同じく回収可能性のもたらす問題を無視できるだろうか。以下では標準的なモデルを提示して分析を進めたい。

## 2. 規模の経済：平均費用と限界費用の関係

あるタイプの需要を満たすのに供給のテクノロジーに規模の経済性（Economies of Scale：以下 EOS と略す）があるときにも、供給が限界費用でなされることは社会的余剰の最大をもたらすという意味でファースト・ベストである。しかしこのときは固定費を回収の問題が生じる。もし固定費を回収できないような商品であれば社会から撤退させると言うことで単純な社会的合意が成り立てばここで議論は終了する。しかしながら社会的に必需性の高い商品、つまりそれなしでは社会が維持できないような商品については何らかの手段でこれを維持してゆかねばならない。次の図－1 は固定費分の赤字が発生する典型的な状況を示している。

需要曲線を  $D_0D$ 、長期限界費用を  $LMC$ 、長期平均費用を  $LAC$  とする。ここで長期とは所与の需要を満たすように設計すると規模の経済が働くため、短期平均費用の包絡線が  $LAC$  で示されることを意味する。 $D_0D$  は支払意欲（Willingness To Pay: WTP と略す）だから  $LMC$  と  $D_0D$  の交点  $\bar{X}$  で消費者余剰は最大となる。一方この  $\bar{X}$  では  $LAC$  は  $LMC$  を上回り、 $LMC$  と  $D_0D$  の交点で価格  $P_M$  が決まると、 $P_A E F P_M$  だけの赤字が発生する。

さてここで  $MC$  と  $AC$  との関係について次のような定義式から両者の関係を表示する方法を工夫する。



図－1

まずコスト  $C$  を次のように定義する。

$$C = F + V \quad (1)$$

$F$  は固定費， $V$  は可変費で  $X$  を生産量とすると

$$V = V(X) \quad (2)$$

平均費用  $AC$  の変化をみると

$$\begin{aligned} AC &= \frac{C}{X} \\ \frac{dAC}{dX} &= -\frac{1}{X} \left( \frac{C}{X} - \frac{dC}{dX} \right) \\ &= \frac{1}{X} (MC - AC) \quad , \quad \frac{dC}{dX} = MC \end{aligned} \quad (3)$$

ここから

$$\frac{dAC}{dX} \frac{X}{AC} = 1 - \frac{MC}{AC}$$

左辺は平均費用の生産量  $X$  に関する弾力性である。

これを  $\theta (> 0)$  とすると

$$MC > AC \text{ のとき } \theta_i = \frac{MC}{AC} - 1 \quad (4)$$

$$MC < AC \text{ のとき } \theta_j = 1 - \frac{MC}{AC} \quad (5)$$

(4)(5) から  $MC$  と  $AC$  とは  $\theta$  を通じて

$$MC > AC \text{ のとき } MC = (1 + \theta)AC \quad (6)$$

$$MC < AC \text{ のとき } MC = (1 - \theta)AC \quad (7)$$

と表示される。

次に (1) から

$$AC = \frac{F + V}{X}$$

これを  $X$  について微分すると

$$\frac{dAC}{dX} = \frac{V}{X^2}(\phi - 1) - \frac{F}{X^2} \quad (8)$$

ただし  $\phi$  は可変費用  $V$  の  $X$  に関する弾力性で

$$\phi = \frac{dV}{dX} \frac{X}{V} \quad (9)$$

さらに (8) を変形すると  $\theta$  は次のようにも表示できる。

$$MC > AC \text{ のとき } \theta_i = \frac{V}{C} \phi - 1 \quad (10)$$

$$MC < AC \text{ のとき } \theta_j = 1 - \frac{V}{C} \phi \quad (11)$$

以上のことは図 - 1 でとりあげた限界費用による価格形成問題を扱う上で便利なツールとなる。なぜなら限界費用は (6)(7) によって平均費用に書き換えられるので、固定費の回収問

題と直接結びつけられるからである。

さらに費用回収問題を処理する上でコスト  $C$  を次のように特定化する。

$$C = F + V = F + vX \quad (12)$$

$$v = v(X) \quad (13)$$

$v$  は生産量 1 単位あたりの可変費である。電力やガス、運輸産業のケースでは需要は時季による変動があり、これが  $v$  と密接に関連している。すなわちこれらの産業はピークとオフ・ピークとで需要の水準は大きく異なる。このとき  $v$  の値は供給量  $X$  に依存して変動するからである。

可変費に関する弾力性は (12) (13) を用いると次のように書き直せる。

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{dV}{dX} \frac{X}{V} = v + \frac{dV}{dX} X = v \left( 1 + \frac{dv}{dX} \frac{X}{v} \right) \\ &= v(1 + \omega) \end{aligned} \quad (14)$$

$$\omega = \frac{dv}{v} \frac{X}{dX} \quad (15)$$

$\omega$  は可変費単価の供給量に関する弾力性である。 $v$  は電力やガスでは輸入される燃料費価格に対応し運輸業では追加的に必要となる人員や燃料費に対応している。

(14) を用いると (10) (11) は次のようになる。

$$\theta_i = \frac{V}{C} (1 + \omega_i) - 1 = \frac{\omega_i + 1}{F/V + 1} - 1 \quad (16)$$

$$\theta_j = 1 - \frac{V}{C} (1 + \omega_j) = 1 - \frac{\omega_j + 1}{F/V + 1} \quad (17)$$

したがって費用増 (MC > AC) のケースは (16)、費用減 (MC < AC) のケースは (17) で表示できる。

$\theta$  は正と定義されているので (19), (20) から固定費と可変費の比率  $F/V$  と  $\omega$  との間には次の関係が必要である。

$$\text{費用増のケースでは} \quad \omega_i > F/V \quad (18)$$

$$\text{費用減のケースでは} \quad \omega_j < F/V \quad (19)$$

後に電力産業への応用のケースで触れるが  $\omega$  が (18) (19) の制約を受けることは重要な意味を持つ。今取りあげているような産業では固定費の可変費に対する比率は大きく例えば 3 から 4 のような数値をとる。すると例えば (18) からは可変費単価の弾力性はこれよりも大きくなければ (6) で示される定義式が成立しないことになる。

### 3. 限界費用料金でのコスト回収

以上の準備の下で図-1 のような典型的なケースについて限界費用で料金をつけるとき収支はどうなるかを見てみよう。

(7) から

$$MC = (1 - \theta) AC$$

なので  $MC$  による料金を  $P_M$  とするときの利潤  $\pi$  は

$$\begin{aligned}\pi &= P_M X - C = (1 - \theta) AC \cdot X - C \\ &= (1 - \theta) C - C = -\theta C\end{aligned}\quad (20)$$

つまり常に赤字が発生し、その大きさは  $\theta$  の値に依存する。通常の公益事業論で取り上げられるのは (12) で可変費単価  $v$  を一定とするので、この特殊なケースでは

$$\pi = vX - C = vX - F - vX = -F$$

すなわち固定費自体が赤字となる。

これは (17) において  $\omega_j$  を 0 としたときに対応することに注意しよう。つまり

$$\theta_j = 1 - \frac{1}{F/V + 1} = \frac{F}{C} \quad (21)$$

一般的には (20) で赤字がゼロになるのは  $\theta = 0$  のときである。しかし  $AC$  が逡減するためには  $\theta$  は正でなければならないので赤字は決してゼロにはならない。

#### 4. EOS 下の料金制度展望

規模の経済性により限界費用料金を徴収すると赤字が発生するという問題は1930年代の Marginal Cost Pricing 論争以来もっとも活発に議論されたテーマであった。ここでは過去の論争へのレファレンスを最小限にとどめて、現在電力システム改革で中心となっている短期限界費用 (Short Run Marginal Cost: 以下では SMC と略す) 料金方式と関連する範囲で簡単な展望を行う。SMC による赤字をどう解決するかについては次のいくつかの代替案が提示されてきた。

##### (1) 2 部料金 (Two Part Tariff) 制度

SMC によってもたらされる消費者余剰は図-1 で  $D_0FP_M$  で示される。同時に赤字は  $P_AEFP_M$  だけ発生する。このとき WTP の制約下で消費者の利益が最大となるのでこれを実現することが資源配分上もっとも望ましい。 $D_0FP_M$  を実現する一つの解決法はこのサービスを消費しているグループのメンバーから消費数量には全く依存していない固定的なフィーを徴収し、これの合計で赤字分の固定費を賄うという方法である。すなわち人頭税 (toll tax) を徴収したとしてもメンバーが消費量を減らすことがないような徴収方法を考える。具体的には人頭税にあたる部分を基本料として課金する。基本料の水準はメンバーの支払い能力に応じて決める必要があり、もっとも支払い能力の低いグループではほとんど無視できる水準になるかもしれない。この基本料の徴収によって図-1 の需要曲線  $D_0D$  が下方へシフトすることがなければ、消費者余剰の最大化が実現するとともに、基本料で赤字の問題を解消することができる。この方式が実現可能となるのは自然独占と呼ばれた規制のシステムがあるからである。自然独占では参入が認められないので、参入企業がメンバーの中で支払い能力があり高い基本料を支払っているグループをターゲットにして低料金を提示しそのグループを奪うことはできない。換言すれば消費メンバー間相互の内部相互補助 (cross subsidy) が社会的に望ましいものと認定されていて、参入は許可されないのである。そして独占を認められた企業は競争の脅威にさらされない代価として規制当局から適正な報酬率 (Rate Of Return: 以下では ROR と略す) しか認められない。この方式は総括原価 (Fully Embedded Cost) 方式とも呼ばれる。現在電力システム改革論ではこの方式の弊害が圧倒的に大であるとして、SMC 料金を選択する方向に政策的に傾

斜している。

## (2) 小口増増料金

2部料金制度は基本料の徴収によって赤字を補填するというが具体的にどのような徴収方法となるのか明示的でない。そこで規模の経済が働くことを前提としてメンバー全員に基本料を負担させながら同時に内部相互補助を行うのが小口増増料金制度である。そのメカニズムは次の図-2で示す。

図-2でA, B, Cはこのサービスを受けるユーザの需要量の規模で、同時にそれが支払い能力の差を反映しているものとする。EOSの存在によってAグループの供給コストはもっとも高い。これに対してCは消費量をもっとも多くEOSによって供給コストは低下している。各ユーザは限界費用MCに基づく従量料金Vと基本料Fとを支払う。各グループ内では従量料金は均一のMCで徴収され、グループごとにユーザの消費量も均一であるとする。Aグループのメンバーの従量料金合計はMCの水準に合わせて長方形 $V_1$ である。同様にACの水準に見合う均等な基本料を支払い合計は長方形 $F_1$ である。一方CグループではEOSによって限界費用は低下しているので従量料金も低くなる。そして従量料金の支払い総額は $V_3$ 、基本料総額は $F_3$ となる。

さてここで先述したRORが $r$ であるとしよう。するとこの企業は平均費用にRORを加えた $(1+r)AC$ の料金をとることができる。需要曲線を $DD$ とするとこれとMCとの交点で社会全体の消費者余剰は最大となる。そして供給量は $X_C$ 、料金は $P_C$ となるがこの $P_C$ はグループCについて $X_B X_C$ の供給量に対して $R_3$ というRORを実現できる。しかし図で

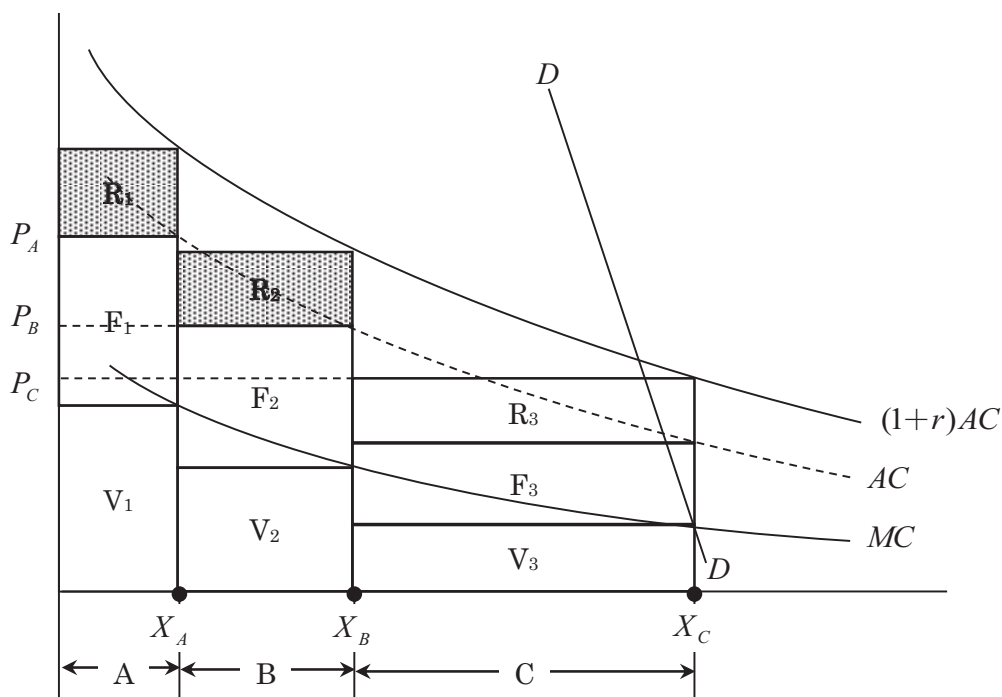


図-2

A, B グループでは ROR の部分は斜線部の  $R_1$  と  $R_2$  となるが  $F_1$ ,  $F_2$  では平均費用 AC しか回収できないので  $R_1$  と  $R_2$  は回収できない。もし規制当局が  $r$  の水準を  $R_3$  が  $R_1$  と  $R_2$  とを補填できる水準に定めれば、この企業は収支が保障されると同時に限界費用によって効率的な生産を実現できる。この小口通増料金は限界費用による消費を実現しながら負担能力の高いグループの大規模な収入から内部補助を行い消費者余剰の最大化を実現する手段である。

## 5. 2部料金によらない赤字の補填

以上の分析は需要曲線が一本しかないという状況を前提としていた。しかし需要曲線が複数あるとすると赤字の回収には別の方法が考えられる。以下では2部料金によらず赤字を補填することが可能なスキームを考察する。そのために次の仮定をおく。

### （1）2つのテクノロジー

技術的には固定費が大きく可変費の小さい資本集約型テクノロジーと固定費が小さく可変費の大きい非資本集約型テクノロジーの2つが利用可能である。

### （2）コスト関数

コスト関数で可変費は生産量について次の2ケースを考える。

#### ケース 1

$$C = F + V = F + \bar{v}X$$

$\bar{v}$  は生産量 1 単位あたりの単価で一定とする。

したがって平均費用 AC は

$$AC = \frac{C}{X} = \frac{F}{X} + \bar{v} \quad (22)$$

#### ケース 2

可変費は生産量とともに変動する。すなわち

$$C = F + V = F + vX$$

$$v = v(X), \quad \frac{dv}{dX} > 0$$

### （3）定常的需要と季節的需要（ピークとオフピーク）

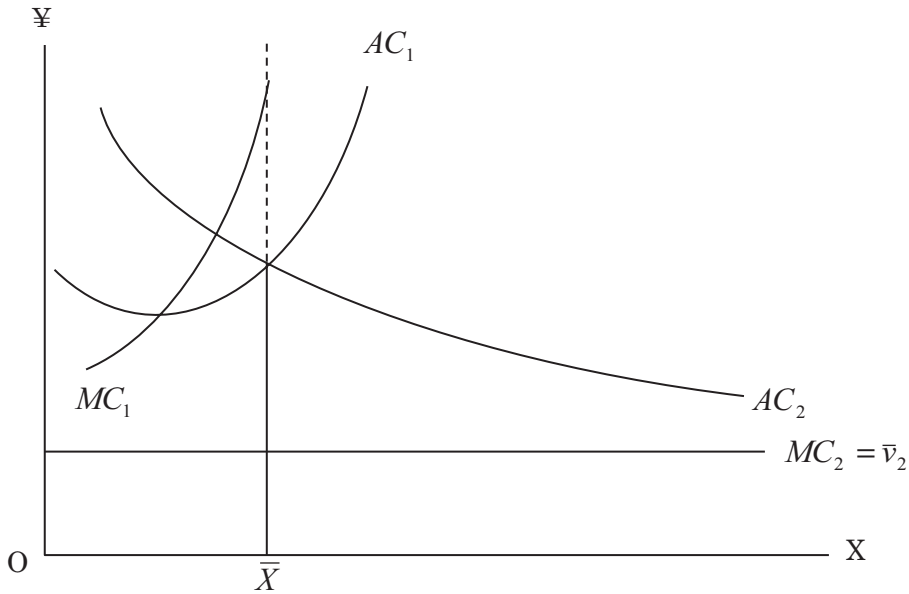
需要は定常的な需要しかない時期（オフ・ピーク）とスポット的に需要が急増する時期（ピーク）とがある。

### （4）限界費用による価格

商品の価格は限界費用によって決定される。

ここで企業が直面する問題はスポット的に発生するピーク需要をどう充足するかである。資本集約的设备では需要規模が縮小すれば必然的にコストは上昇する。そこでスポット規模需要に対しては自らそれ専用の設備を建設するか、OEM で外部の企業に生産を委託するかを選択肢がある。自ら設備投資をせずに委託生産するというケースで考えると、需要に対する供給不足の程度が高いほど受託側の可変費は上昇するはずである。2つのタイプの需要に対して定常的な需要には資本集約的システムで供給し、追加のスポット需要には委託生産するというケー





図－3

スは次の図－3のように描ける。図で  $AC_1$  はスポット用設備、 $AC_2$  は定常需要に対応する大規模設備の平均費用である。

生産量  $\bar{X}$  を境界として生産が  $\bar{X}$  以上であればコストは  $AC_1$  の方が  $AC_2$  よりも高く、 $\bar{X}$  以下ならば  $AC_1$  の方が低い。したがって  $\bar{X}$  以下の需要には  $AC_1$  というコスト構造を持つ小規模生産に委託する方が合理的である。以上の議論は自ら設備を保有するとしても変らない。

図－4 では原点が2つある。原点  $O_1$  から右方へはスポット専用設備のコストを描いている。 $O_2$  から右方へは資本集約型設備のコストが描いてある。 $\hat{D}\hat{D}$  は定常的に発生する需要で  $\hat{X}_2$  までは限界費用  $\bar{v}_2$  で生産できるが、スポット的需要  $\bar{d}\bar{d}$  が発生すると供給の限界に到達しこれ以上の供給は不可能となると想定されている。この  $\bar{d}\bar{d}$  を  $O_1$  を原点とする図に描く。企業は  $MC_1$  と  $\bar{d}\bar{d}$  の交点で  $x_1$  を生産しそのときの価格は  $P_1$  である。一方資本集約型企业は  $\hat{D}\hat{D}$  と  $\bar{v}_2$  が交わる点で  $\hat{X}_2$  を生産し価格は  $P_2$  となる。

次にこのタイプの生産を行うとき、定常的需要の生産で発生する赤字をスポット市場での黒字でカバーできるか計算してみよう。

定常的需要の市場では売上  $P_2\hat{X}_2$  によって可変費しか回収できないので赤字は固定費  $F_2$  となる。つまり

$$C_2 = F_2 + \bar{v}_2 V_2$$

利潤  $\pi_2$  は

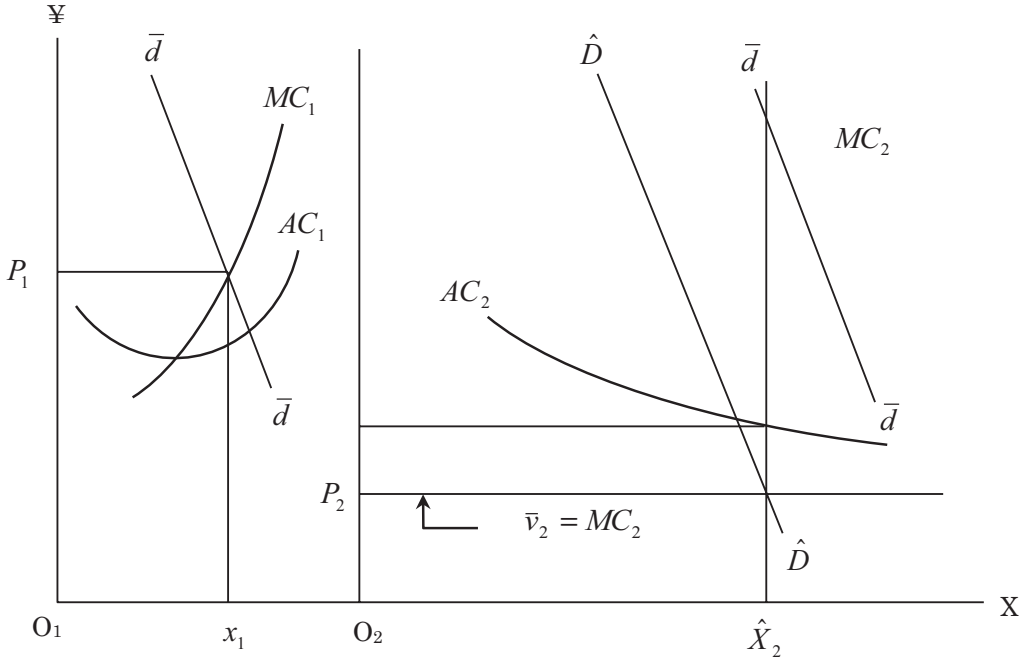
$$\pi_2 = P_2 \hat{X} - F_2 - \bar{v}_2 \hat{X}_2 = -F_2 \quad (23)$$

スポット設備の限界費用  $MC_1$  は

$$MC_1 = (1 + \theta_1) AC_1$$

したがって利潤  $\pi_1$  は





図－４

$$\begin{aligned}\pi_1 &= (1 + \theta_1)AC_1 \cdot x - C_1 \\ &= \theta_1 C_1\end{aligned}\quad (24)$$

ここで  $\theta_1$  は

$$\theta_1 = \frac{\omega_1 + 1}{F/V_1 + 1} - 1 = \frac{V_1}{C_1} (\omega_1 + 1) - 1 \quad (25)$$

固定費  $F_2$  の赤字を補填可能のためには

$$\theta_1 C_1 - F_2 \geq 0 \quad (26)$$

したがって

$$\left[ \frac{V_1}{C_1} (1 + \omega_1) - 1 \right] C_1 - F_2 = V_1 (1 + \omega_1) - C_1 - F_2 \geq 0 \quad (27)$$

すなわち弾力性  $\omega_1$  は次の条件を満たす必要がある。

$$\omega_1 \geq \frac{F_1 + F_2}{V_1} \quad (28)$$

$\omega_1$  は (18) で示した条件も同時に満たさなければならないがこれは (28) に包まれる。

さて (28) は具体的にどのような大きさを考えてみよう。  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $V_1$  に次の関係を仮定する。

$$V_1 = \alpha_1 F_1 \quad \text{ただし} \quad \alpha_1 > 0 \quad (29)$$

$$F_2 = \alpha_2 F_1 \quad \text{ただし} \quad \alpha_2 > 1 \quad (30)$$

$\alpha_1$  は大きさは自由にとりうるが、  $\alpha_2$  は最初の仮定によって  $F_2$  は常に  $F_1$  よりも大だから 1 より

も大きい。

以上から限界費用価格によって定常的需要部門に赤字が発生するのを補填するためには、スポット需要の可変費の弾力性  $\omega_1$  が十分に大きくなければならないことがわかる。

$$\omega_1 \geq \frac{1+\alpha_2}{\alpha_1} \quad (31)$$

$1 + \alpha_2$  は少なくとも 2 以上である。

スポット設備の可変費が固定費に等しいかそれ以上のとき ( $d_1 > 1$ ) は  $\omega_1$  の最小値は 2 以下となりうる。逆にスポット設備の可変費が固定費以下のときは  $\omega_1$  は少なくとも 2 より大きくなければならない。

一般に  $F_2$  が  $F_1$  よりも大きければ大きいほど、 $\omega_1$  は大でなければならない。すなわちピーク時の追加需要を満たす限界費用が急激に上昇することがないと固定費  $F_2$  の赤字を補填することはできない。

ただしここでピークの需要の市場で独占価格がつけられれば (31) 式の条件は緩和される。ピーク市場で独占が成り立つときは価格は

$$P_1^M = \frac{MC_1}{1-1/\eta}, \quad \eta > 1 \quad (32)$$

ただし  $\eta$  は需要の価格弾力性である。 $P_1^M$  は  $P_1$  よりも価格弾力性の分だけ高くなる。

このとき収支を計算すると

$$\frac{1+\theta_1}{1-1/\eta} C_1 - C_1 - F_2 \geq 0 \quad (33)$$

ここで (32) を用いると

$$C_1 \left[ \frac{V_1}{C_1} \frac{1+\omega_1}{1-1/\eta} - 1 \right] \geq F_2 \quad (34)$$

ここから  $\omega_1$  は次の条件を満たさなければならない。

$$\omega_1 \geq \left( 1 - \frac{1}{\eta} \right) \left[ \frac{F_1 + F_2}{V_1} + 1 \right] - 1 \quad (35)$$

(35) の右辺は必ず (28) の右辺より小であることが確かめられる。したがって独占が成立するときは限界費用の弾力性の  $\omega_1$  が満たさなければならない条件は、価格弾力性  $\eta$  が小さいほど緩和され、(28) の値よりも小であることが可能である。しかし赤字の補填のためには皮肉なことに独占が必要とあっては本来の SMC の理念と完全に矛盾する。

## 6. 限界費用料金制度は消費者の利益となるか

本節では電力規制改革の中核のひとつである限界費用による電力料金決定システムについて余剰 (Surplus) を用いてそれが効率的か否かを分析する。余剰は市場が消費者の経済的厚生水準にどのように貢献するかを測る指標である。経済政策は最終的に消費者の厚生が上昇することを目指すものだから、電力改革も例外ではない。しかしながら東日本大震災以後の電力改革論では消費者の厚生という面では、消費者の選択の自由が増えるという程度のことしか言及されていない。ここでは詳しく触れないが、電気はあくまで kWh (キロワットアワー) で測られる一種類の商品でしかなく、製品差別化の意味はない。電力会社を自由に選ぶという意味

では発電の分離も必要ない。もっとも大事なことは、現状のいわゆる「総括原価」主義から「限界費用」料金方式に変われば、消費者の余剰は増大するか否かである。そして経済学としてはその判断の基準となる分析のフレーム・ワークを示すことが求められている。

本節ではこの目的のために事態を単純化して、消費者あるいは平均的な家計が制度改革によってどのような影響を受けるかを分析する。そのために電力会社は卸電力市場で調達された電力を仕入れこれを消費者に販売するというモデルを考える。卸市場は1日前市場、1時間前市場、リアルタイム市場などで価格が形成され、絶えず変動にさらされているので電力価格は本来は確率変数である。これは本当は大問題なのだが、本節では価格の確率的変動は無視する。また現実の電力会社は卸電力市場で仕入れた電力を単純に小売りする訳ではないが、そのような諸条件をつけると問題の本質は見えにくくなる。限界費用原理を導入するというなら、小売りの電力価格は発電の限界費用をそのまま反映していなければならない。ただし送電コストはゼロと仮定するがこれによって結論は影響を受けない。したがってここでの分析は将来ある時点で限界費用原理が完全に貫徹するとしたら消費者はより幸福（better off）になっているかを分析することである。

### 6-1 時間帯別需要と支払い意欲

電力料金を分析するためには、第一のステップとして1年間の電力需要をベース、ミドル、ピークという3つの時間帯に分けて考えるのが有益である。それは電力というものが必要となったら即座に消費しなければ意味がないという特殊な性格を持つからである。例えば温度が38℃になったり、マイナス2℃になったりしたときは、エアコンはその場で使うことに意味がある。これを1時間後に延期すればエアコンを使う効用は失われてしまう。勿論なかには電気の使用を後にのばすということができるものもある。工場では電気料金が深夜に安いとすれば、昼間でなく夜に操業することを選ぶかもしれない。このように考えると電力という商品の効用は「いつ」使うかというタイミングに依存していることがわかる。支払い意欲という用語で置き換えると、人々の支払い意欲は時間帯によって異なるということが出来る。人々がどうしても電力を消費したいという時（例えば猛暑の時間帯）は、支払い意欲は高くなる。つまり普通の温度であるときよりも、何倍かの料金を支払おうとする意欲が高まる。これに対して日常的な条件で活動しているときの電力への支払い意欲はこれよりも低くなる。そこで分析を行うためにベース、ミドル、ピークという分類を行い、それぞれの時間帯ごとの支払い意欲あるいは逆需要曲線は異なる傾きと高さを持つというモデルを導入する。

各時間帯のWTPは次の一次式の逆需要関数で示されるとしよう。

$$\text{ピーク：} P = a_1 - b_1 X$$

$$\text{ミドル：} P = a_2 - b_2 X$$

$$\text{ベース：} P = a_3 - b_3 X$$

WTPについての仮定から

$$a_1 > a_2 > a_3$$

$$b_1 > b_2 > b_3$$

### 6-2 発電の規模の経済性

電力需要を定常的な需要を意味するベースと一時的ではあるがベースの何倍にもなる需要が

出現するピークそしてその中間にあるミドルに分けて、それぞれの発電時間を簡略化して示したのが次の図－5である。ピークやミドルの需要は1年を通じてある特定の時間帯に出現するものであるが、仮想的な1日を考えてベース、ミドル、ピークすべてがその日には必ずある比率で出現するとする。ここで SMC 料金制度を考えてみよう。

ベースを供給する電源は24時間稼動していて限界費用は変わらない。しかしピーク（P）やミドル（M）の時間帯に供給するときには、SMC ではリアルタイムで電気料金が決まるので、このときの限界費用価格が収入として発生する。同時に独占はもはや存在せず、2部料金をとることは不可能なので基本料収入はない。ベース電源はその限界費用で供給するのでピークとミドル以外の時間帯では収入は限界費用総額に等しく、赤字が発生する。すなわち SMC 方式ではベースはピークとミドルでのみ黒字を生み出すことができる。

次の図－6はこのような仮想的1日について AC と MC を描いたものである。1年間についてはここで発生する費用を365倍すればよい。

図－6で横軸はピークからベースまで仮想的1日の内それぞれの時間帯を示している。 $T_p$ ,  $T_M$ ,  $T_B$  はピーク、ミドル、ベースの持続時間である。各時間帯ごとに平均費用が最も安くなる発電所を選ぶことがコストの最小化をもたらす。需要の規模はピーク時で最も小さく、ミドル、ベースとなるに従って大きくなる。発電所には規模の経済が働くので、ピークには小規模、ミドルには中規模、ベースには大規模の発電所を選ぶことが合理的である。図でそれぞれの規模の発電所の平均費用が  $AC_1$ ,  $AC_2$ ,  $AC_3$  である。例えば  $AC_1$  と  $AC_2$  を比べると、 $AC_1$  と  $AC_2$  が等しくなる発電量  $X_1$  の左側では  $AC_1$  の方が  $AC_2$  よりも小さく、右側では  $AC_2$  の方が  $AC_1$  よりも小さい。次に発電量  $X_2$  で比べると  $X_2$  の左側では  $AC_2$  の方が  $AC_3$  よりも小さいが右側では  $AC_2$  の方が大きくなる。したがって平均費用のもっとも小さいテクノロジーを選べば太線の AC のような曲線（包絡線）が得られる。これが発電における規模の経済性を示した長期平均費用曲線である。

次に注目せねばならないのは各平均費用に対応した限界費用である。限界費用は必ず平均費用の最低点を通るので各 AC に対して  $MC_1$ ,  $MC_2$ ,  $MC_3$  が描ける。長期限界費用は AC と異なっていて連続しておらず「のこぎり」の歯のような不連続の形をしている。

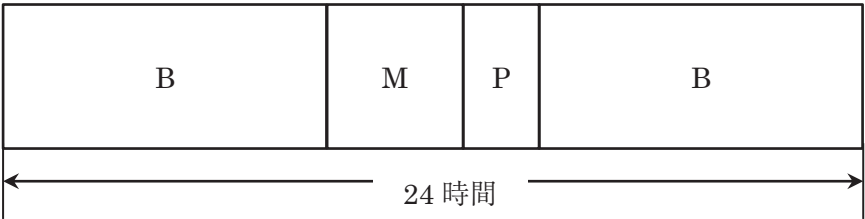
ピーク、ミドル、ベースの時間帯ごとの限界費用と平均費用との間には（6）（7）の関係が成り立つ。したがって

ピーク時

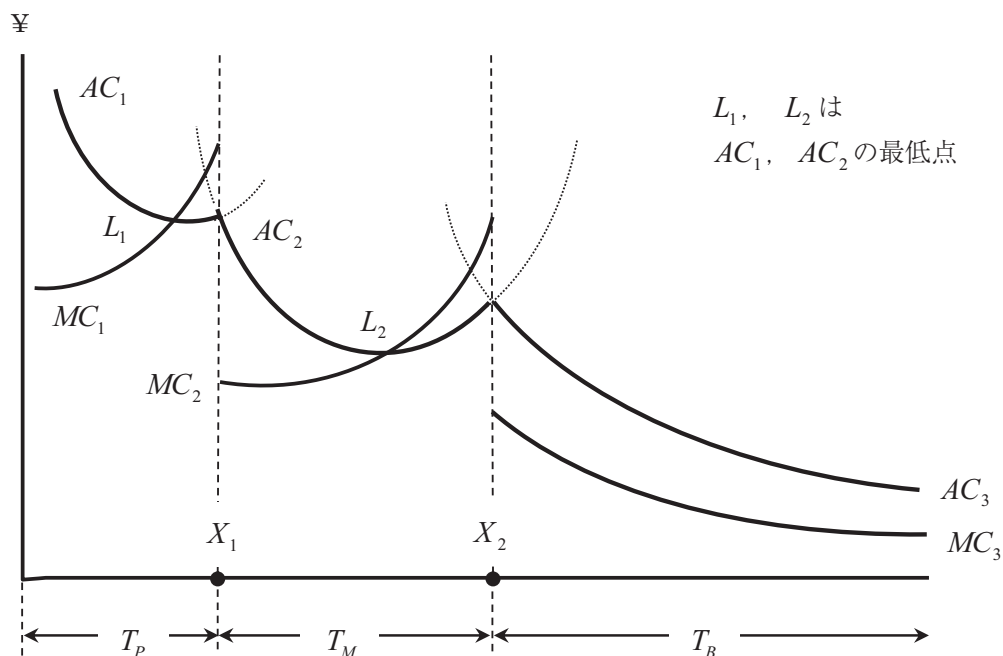
$MC_1 = (1 + \theta_1) AC_1$

ミドル時

$MC_2 = (1 + \theta_2) AC_2$



図－5



図－6

$$\text{ベース時} \quad MC_3 = (1 - \theta_3)AC_3$$

ここでとりあげた3つの時間帯区分は絶対的なものではないことに注意しよう。電気は貯蔵できないから、発電会社が発電をしないことで電気の稀少性を人為的に作り出すことができる。すなわちもっとも高い価格で売れるピークの時間帯を長くするような供給のコントロールをすればピーク時間帯の持続時間を増やすことが可能である。リアルタイムで電気を供給することにはこのような制度上のリスク（モラル・ハザード）がともなっている。

発電所のコスト構造についてその特徴をここで述べておこう。発電所の固定費は設備として主としてボイラー、タービン、発電機から成り、可変費は燃料費が主である。時間帯別に分けると1年間の需要の中心を占めるベースが電力設備全体の半分以上を占める。ミドルがこれに続きピークの設備は全体の20%に達しない。電力事業全体の固定費を $F$ としてピーク、ミドル、ベースのそれぞれを $F_1, F_2, F_3$ とすれば

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \quad (36)$$

可変費を $V$ とすると各時間帯で可変費 $V_1, V_2, V_3$ の固定費に対する比率が決まっている。

以上のような電力事業のコスト構造は限界費用によって固定費の回収が可能か否かを考えるとき重要な視点となる。

### 6-3 ROR による料金

前節までで分析のツールが準備されたので総括原価による料金決定方式（ROR）と短期限界費用料金方式（SMC）とを効率性という指標によって比較してみよう。すなわち2つの方

式での消費者余剰を計算して大小を見てどちらが消費者にとって経済的厚生が高いかを判定するのである。

ROR 方式ではベース時間帯については2部料金という2段階の料金徴収を行う。まずベースの電力を供給する限界費用を料金として電気の使用量に応じて従量料金が課せられる。すなわち図-7の  $MC_3$  が1 kWh あたり消費するときの料金である。これと WTP の交点で消費量が決まる。このとき消費者余剰は  $a_3HP_3$  である。しかし  $MC_3$  は  $AC_3$  よりも小さいので必然的に赤字が  $P_A GHP_3$  だけ発生する。いまベース供給の総費用を  $C_3$  とする。すると (7) を用いれば利潤  $\pi_3$  は

$$\pi_3 = MC_3 \cdot X_3 - C_3 = (1 - \theta_3) AC_3 \cdot X_3 - C_3 = -\theta_3 C_3 \quad (37)$$

つまり限界費用で1 kWh あたりの使用料金をつけると結果として  $\theta_3 C_3$  分だけ赤字となる。2部料金ではこれを基本料によって回収する。基本料は利用者の支払い能力に応じて料金の差をつけて WTP に影響を与えないように分配上の工夫をして、消費者余剰が影響を受けないようにする。結果としてベース時間帯では  $a_3HP_3$  だけの消費者余剰が生み出される。

ROR ではミドルとピークについては平均費用によって料金がつけられるが限界費用は平均費用よりも高いので、平均費用によって料金を徴収する方が消費者余剰は大きくなるとともに、収支は均衡する。ROR ではベースについては限界費用料金と基本料金徴収、ミドルとピークについては平均費用料金  $P_1$  と  $P_2$  を課するので消費者余剰は図-8の①, ②, ③のようになる。ここで  $O_1$ ,  $O_2$ ,  $O_3$  はピーク, ミドル, ベースの発電量を測る原点である。

#### 6-4 SMC によるピークとミドルの黒字

ROR ではベースについて限界費用価格により消費者余剰の最大化を実現したが、ミドルとピークについては平均費用で料金を決定した。SMC の方式ではミドルとピークについても限

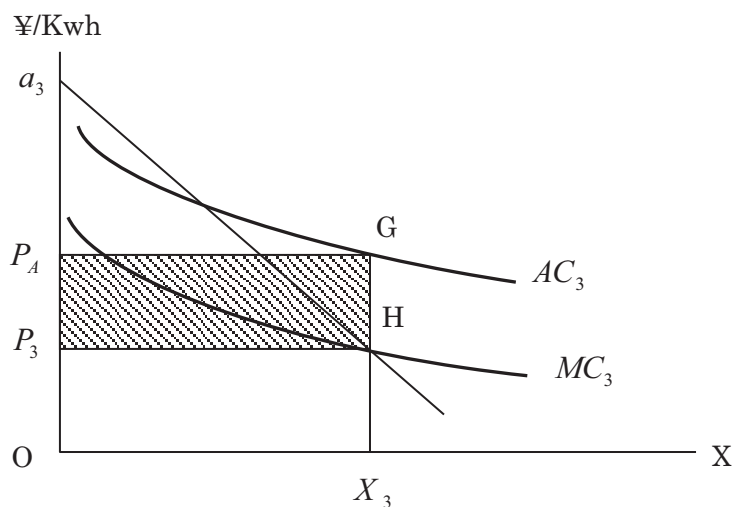
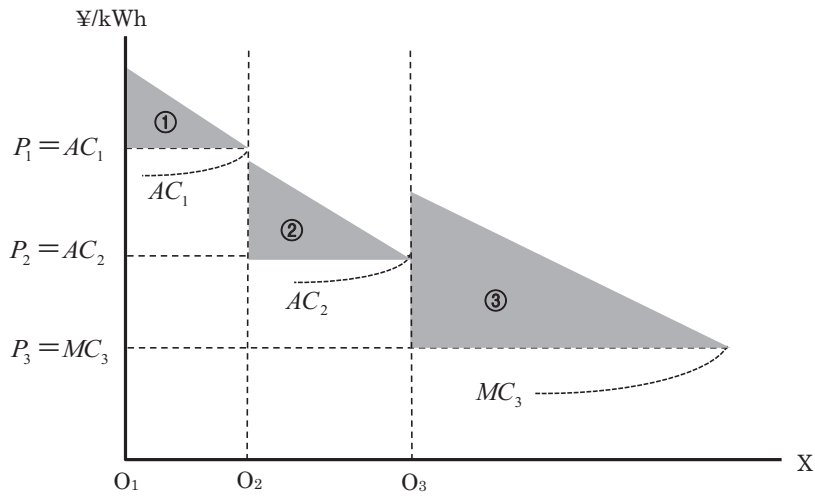
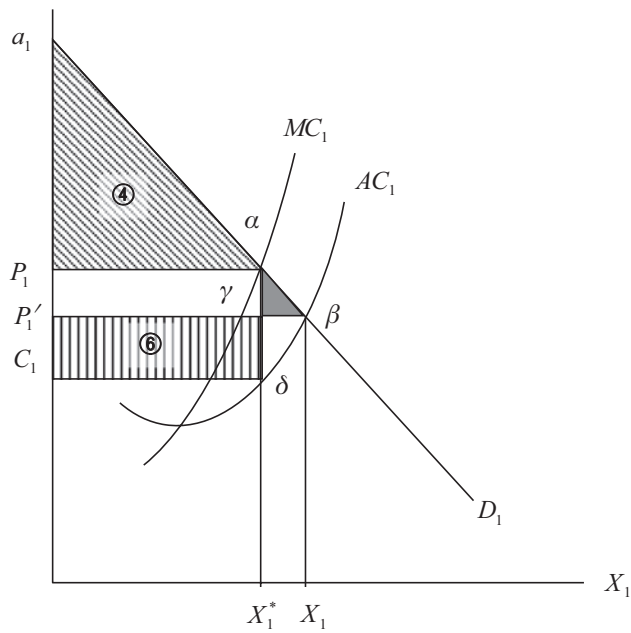


図-7



図－8

界費用で料金を決定する。ベースについては ROR と同じく赤字が発生するが、もはや2部料金制度は存在しないのでこの赤字は回収できない。しかし SMC ではピークとミドルについても限界費用で課金するので、価格は平均費用を上回りこの2つの時間帯では次に示すように黒字を生み出すことができる。図－9 はピークにおいて収支がどうなるかを描いたものである。



ピーク時の黒字

図－9



SMC ではピーク時の需要曲線  $a_1D_1$  と  $MC_1$  の交点で需要量  $X_1^*$  が決まる。このときピーク料金は  $P_1$  であるから消費者余剰は斜線部の④となる。もし ROR 方式なら  $a_1D_1$  と  $AC_1$  の交点で需要量が決まることになるから消費者余剰は  $P_1\alpha\beta P_1'$  だけ SMC 方式よりも大きい。しかし SMC では料金が  $P_1$  でコストは  $C_1$  なので  $P_1\alpha\delta C_1$  だけの黒字が発生する。今  $\alpha\beta\gamma$  の面積を無視すると SMC 方式では消費者余剰の減少を上回る  $P_1'\gamma\delta C_1$  の面積だけ黒字の純増分がある。この純増分はベース時に発生している赤字を補填する原資となるので、SMC が消費者にもたらす便益である。

黒字純増分  $P_1'\gamma\delta C_1$  は黒字総額  $P_1\alpha\delta C_1$  の一部だからその比率を  $s_1$  ( $0 < s_1 < 1$ ) とすると黒字として発生する⑥は

$$\begin{aligned} P_1'\gamma\delta C_1 &= s_1 P_1\alpha\delta C_1 = s_1 (P_1 - AC_1) X_1^* \\ &= s_1 [(1 + \theta_1) AC_1 - AC_1] X_1^* \\ &= s_1 \theta_1 C_1 \end{aligned} \quad (38)$$

次に  $s_1$  を計算しよう。 $\alpha_1D_1$  と  $AC_1$  の交点で決まる消費量を  $X_1$  とし、 $X_1^*$  と  $X_1$  の差を  $\Delta X$  とする。すると  $s_1$  は

$$\begin{aligned} s_1 &= \frac{P_1\alpha\gamma P_1'}{P_1\alpha\delta C_1} = \frac{P_1' - C_1}{P_1 - C_1} = \frac{AC_1' - AC_1}{(1 + \theta_1) AC_1 - AC_1} \\ &= \frac{\Delta AC_1}{\theta_1 AC_1} = \frac{\Delta AC_1}{AC_1} \frac{\Delta X_1}{\Delta AC_1} \frac{AC_1}{X_1^*} = \frac{\Delta X}{X_1^*} \end{aligned}$$

ここで  $\alpha\beta\gamma$  を求めてみよう。 $\alpha\beta\gamma$  は消費が  $X_1$  から  $X_1^*$  へ縮小することによってもたらされる Dead Weight Loss (DWL) である。この大きさは次式から求められる。

$$\begin{aligned} \frac{\alpha\beta\gamma}{P_1'\alpha\delta C_1} &= \frac{1}{2} \frac{\Delta X}{X_1^*} \frac{P_1' - P_1}{P_1' - C_1} = \frac{1}{2} \frac{\Delta X}{X_1^*} \frac{MC_1 - AC_1'}{AC_1' - AC_3} \\ &= \frac{1}{2} \frac{\Delta X}{X_1^*} \frac{\theta_1 AC_1 - \Delta AC_1}{\Delta AC_1} \\ &= \frac{1}{2} \frac{\Delta X}{X_1^*} \left[ \theta_1 \frac{AC_1}{\Delta AC_1} - 1 \right] = \frac{1}{2} \frac{\Delta X}{X_1^*} \left( \frac{X}{\Delta X} - 1 \right) \\ &= \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\Delta X}{X_1^*} \right) = \frac{1}{2} (1 - s_1) \end{aligned}$$

かつ  $P_1'\gamma\delta C_1 = s_1 P_1\alpha\delta C_1$  だから

$$\alpha\beta\gamma = \frac{1}{2} s_1 (1 - s_1) \cdot P_1\gamma\delta C_1 \quad (39)$$

$s_1$  は 0.1 程度とすると  $\alpha\beta\gamma$  は無視できるオーダーである。

SMC はさらに ROR にはない追加収入がある。ベース電源は限界費用  $MC_3$  で稼動しているがピーク時の料金は  $P_1$  だから次の追加収入がある。

$$P_1X_1 - MC_3X_1 = (1 + \theta_1)C_1 - (1 - \theta_3)C_3 \frac{X_1^*}{X_3} \quad (40)$$

すなわちピーク時で発生する黒字の大きさは (38) と (40) の和で

$$R_p = s_1\theta_1C_1 + (1 + \theta_1)C_1 - (1 - \theta_3)C_3 \frac{X_1^*}{X_3} \quad (41)$$

$s_1\theta_1C_1$ は ROR の消費者余剰を上回るネットの SMC の黒字分で  $(1 - \theta_1)C_1$ はベース電源がピーク時に操業することの追加収入である。

ミドル時についても同じように消費者にとっての便益を計算することができる。ミドル時の消費者余剰は⑤で黒字純増分⑦は黒字総額  $P_2'\gamma'\delta'C_2$  の一部  $s_2$  ( $0 < s_2 < 1$ ) なので

$$\begin{aligned} P_2'\gamma'\delta'C_2 &= s_2P_2\alpha'\delta'C_2 \\ &= s_2(P_2 - C_2)X_2^* \\ &= s_2[(1 + \theta_2)AC_2 - AC_2]X_2^* \\ &= s_2\theta_2C_2 \end{aligned} \quad (42)$$

一方ミドル時にもベース電源は次の追加収入をもたらす。

$$P_2X_2 - MC_3X_2 = (1 + \theta_2)C_2 - (1 - \theta_3)C_3 \frac{X_2^*}{X_3} \quad (43)$$

そこでミドル時の黒字は (51) と (52) の和  $R_M$  で

$$R_M = s_2\theta_2C_2 + (1 + \theta_2)C_2 - (1 - \theta_3)C_3 \frac{X_2^*}{X_3} \quad (44)$$

である。

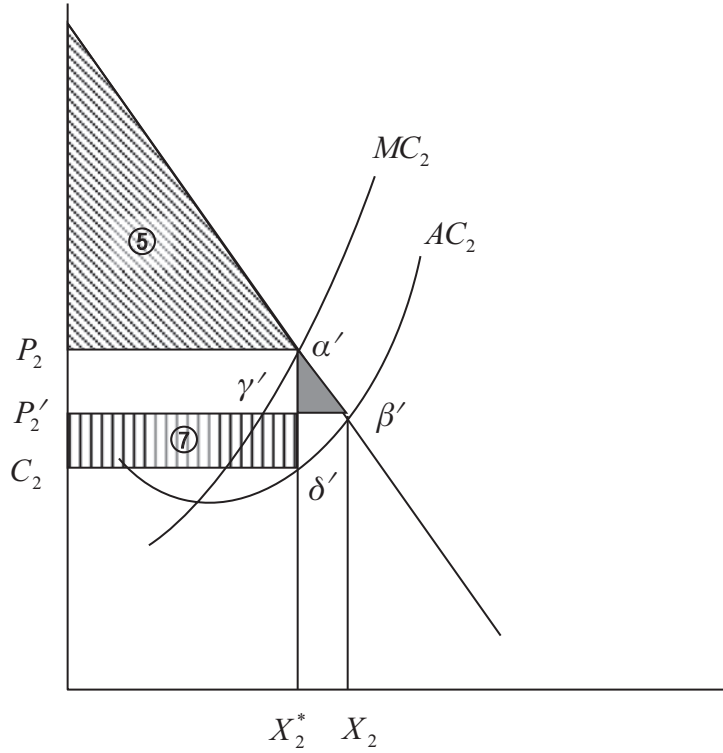
ただし

$$s_2 = \frac{\Delta X}{X_2^*}, \quad \alpha'\beta'\gamma' = \frac{1}{2}s_2(1 - s_2) \cdot P_2'\gamma'\delta'C_2$$

## 6-5 消費者の視点からの ROR と SMC の比較

以上で消費者余剰と赤字の回収という視点から ROR による料金制度（広い意味での総括原価方式）と限界費用 (SMC) による料金制度を比較した。電力サービスはどのような料金システムがとられるにせよ **social primary goods** としてその存続が必須の条件である。この視点から供給過程で発生する黒字は、通常の生産者余剰というよりも、電力システムを維持するために必要な黒字であり、消費者の便益の追加分と見ることができる。ここで主たる問題は ROR 方式では電力システムは収支が均衡しサステナブルであるのに対し、SMC 方式ではベースの赤字を補填しうるような黒字が十分発生するか不明であることである。もし SMC 方式は赤字の補填ができないなら、電力システムはサステナブルでない。したがって SMC 方式は ROR 方式と代替可能なシステムではないことになる。このことを最終的に検討してみよう。

そこで SMC ではどれだけ黒字が発生するか計算する。既に見たように黒字の源泉はピーク時の (41) とミドル時の (44) である。これと (20) で示したベースの赤字分  $\theta_3C_3$  との差を  $D$  とすると、



ミドル時の黒字  
図-10

$$\begin{aligned}
 D &= s_1 \theta_1 C_1 + (1 + \theta_1) C_1 + s_2 \theta_2 C_2 + (1 + \theta_2) C_2 - (1 - \theta_3) C_3 \frac{X_1^* + X_2^*}{X_3} - \theta_3 C_3 \\
 &= (1 + \theta_1 + s_1 \theta_1) C_1 + (1 + \theta_2 + s_2 \theta_2) C_2 - (1 - \theta_3) C_3 \frac{X_1^* + X_2^*}{X_3} - \theta_3 C_3 \quad (45)
 \end{aligned}$$

(45) 式の  $D$  の符号を考察し、経済的含意を明らかにしよう。もし  $D$  が正の値をとりうる範囲が広がれば SMC が ROR よりも消費者の利益に貢献しうることになる。言い換えれば全面自由化で小売市場に限界費用料金を適用することは経済的にみて効率的である。しかし  $D$  が負の値をとる可能性が高いときは一方的に排除されようとしている ROR の方が SMC よりも国民経済的に望ましい。

分析結果を明示的にするため次のことに注意する。

(1) 平均費用弾力性  $\theta$  は (45) 式の第 1 項と第 2 項の収入を決定するパラメータである。

$\theta$  はコスト  $C$  に対するマークアップの役割を果たしている。 $\theta$  は (16) から次のように書ける。

$$MC > AC \text{ のとき } \theta = \frac{\omega + 1}{F/V + 1} - 1$$

可変費  $V$  は生産量  $X$  の関数である。

$$V = vX, \quad v = v(X)$$

$v$  は生産量（発電量）1 単位あたりの単価で燃料費に相当する。生産量が増大すると輸入が増大し、原油や LNG の価格が上昇するので  $v$  は上昇する。(15) で示した  $v$  の生産量に関する弾力性を  $\omega$  で定義する。

$$\omega = \frac{dv}{dX} \frac{X}{v}, \quad \omega > 0$$

さらに (16) から  $\theta$  が正であるためには

$$\omega > F/V$$

が必要である。つまり  $\omega$  は固定費／可変費の比率よりも大きい必要がある。

通常  $F/V$  は 1 を大きく上回るので  $\omega$  はこれより大きくなければならない。

(2) 次に  $MC < AC$  のときは

$$\theta = 1 - \frac{\omega + 1}{F/V + 1}$$

このとき  $\theta$  が正であるためには

$$\omega < F/V$$

ベース電源では発電量が極めて大きいので  $\omega$  はもはや変化しないというのが通常とすれば  $\omega = 0$  とすることができる。このときは

$$\theta = 1 - \frac{1}{F/V + 1} = \frac{F}{C}$$

すなわち

$$\theta_3 C_3 = F_3$$

$$(1 - \theta_3) C_3 = V_3$$

となる。つまりベースの赤字は固定費  $F_3$  と一致する。

このとき  $D$  は次のように単純化できる。

$$D = (1 + \theta + s\theta)(C_1 + C_2) - V_3 \frac{X_1^* + X_2^*}{X_3} - F_3 \quad (45)$$

ただし単純化のため  $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ ,  $s_1 = s_2 = s$  とする。

(3) コストの構造を次のように表示しよう。

$$C_1 + C_2 = (1 - k)C \quad (\text{ピーク電源とミドル電源のコスト}), \quad 0 < k < 1$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (\text{電源の総費用})$$

$$C_3 = kC \quad (\text{ベースのコスト})$$

ここから

$$\frac{C_3}{C_1 + C_2} = \frac{k}{1 - k}$$

さらに

$$\frac{V_3}{C_1 + C_2} \frac{X_1 + X_2}{X_3} = \frac{V_3}{X_3} \frac{X_1 + X_2}{C_1 + C_2} = \frac{v_3(X_1 + X_2)}{C_1 + C_2} \quad (46)$$

すなわちこれはピークとミドルの総費用に対する総可変費の比率である。

ベース電源の固定費比率を  $g$  として

$$F_3 = gC_3, \quad 0 < g < 1 \quad (47)$$

(4) (45) から  $D$  が収支均衡する条件は

$$\begin{aligned} 1 + s\theta + \theta &= \frac{F_3}{C_1 + C_2} + \frac{V_3}{C_1 + C_2} \frac{X_1^* + X_2^*}{X_3} \\ &= \frac{k}{1-k} g + h \end{aligned} \quad (56)$$

但し

$$h = \frac{v_3(X_1 + X_2)}{C_1 + C_2} \quad (57)$$

としてある。

- (5) ここで Paul Joskow の論文からコスト構造に関する数値例を求める (表-1)<sup>1)</sup>。Joskow はアメリカ電力産業を前提とした数値例を示しているの、日本とは異なる側面がある。しかし SMC が固定費をカバーできるか否かを検証するには十分示唆的である。

表-1

	固定費 (Mw/年) 単位：ドル	可変費 (MwH/年) 単位：ドル	キャパシティ (Mw)	発電時間	総発電コスト 単位：ドル
ベース	240,000	68,540	14,694	3,427	59億
ミドル	160,000	124,460	4,871	3,556	12億
ピーク	80,000	142,240	2,435	1,778	4 億
		計	22,000	8,760	77億

表-1 から  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  と  $F_3$  とを概算すると

$$\frac{C_3}{C_1 + C_2} = \frac{59}{18} \doteq 3.3$$

$$\frac{F_3}{C_3} = \frac{35}{59} \doteq 0.6$$

よって

$$\frac{k}{1-k} g = 3.3 \times 0.6 = 1.98$$

一方ピーク・ミドルの総費用に対する可変費比率は無視して計算する。これは SMC の収支を改善する方向に働く効果を持つ。

そこで SMC 方式で固定費をカバーできるためには

$$1 + s\theta + \theta > \frac{k}{1-k} g$$

1) Paul L. Joskow "Competitive Electricity Markets And Investment In Generating Capacity" CEEPR 06-009WP June 12, 2006

すなわち

$$(1+s)\theta > 0.98$$

$s=0.1$ とすると

$$\theta > \frac{0.98}{1.1} \doteq 0.9$$

次に  $\theta$  が約0.9であるときの  $\omega$  の値を求める。

表－1 からピークとミドルの固定費・可変費比率  $F/V$  を求めると

$$\frac{F}{V} = \frac{240,000}{266,700} \doteq 0.9$$

したがって

$$\frac{\omega+1}{0.9+1} - 1 = 0.9$$

ここから  $\omega$  は2.6となる。すなわち燃料費の弾力性は3に近い値をとらなければ SMC では固定費をカバーすることができない。これは現実の燃料費の調達方式からするとありえない大きさである。燃料費はスポット市場で調達されとしても、長期契約によって大きな変動がないように配慮されて取引されている。したがって弾力性がこのような水準をとるのは超短期的なスポット市場でしか売買されないというケースと考える必要がある。SMC 料金制度のサステナビリティを保障するのは極端に不安定なスポット取引なのであるうか。

## 結語

伝統的な総括原価方式あるいは ROR 方式と限界費用価格方式あるいは SMC とを比較するために、余剰という概念を用いて分析を行った。余剰は資源配分の効率性を示す代表的な指標だからである。ROR 方式は地域独占という旧来の規制を前提としているので、電力会社経営上の非効率が費用構造に含まれていることが指摘されている。この非効率を X-非効率と呼び(45)式から考えうる非効率分は控除する必要がある。

すなわち

$$D' = D - X \tag{58}$$

もしこの  $X$  が非常に大きいとすれば ROR は SMC よりも余剰比較において劣る可能性もあることに注意せねばならない。これについては続篇で分析を行う。

しかし本稿では SMC によるピークとミドルの黒字がベースの赤字を補填しうるかに焦点をあてた。これによれば電力産業のコスト構造では十分な黒字が生み出されることは難しいという結果を得た。SMC の赤字を救済する方法が提案されている。その一つはピーク時の料金を固定費が回収できる程度まで急激に上げる方法である。つまり  $\theta_1$  の値を人為的に上昇させる。このときには料金が平均の何10倍になってもかまわないという考え方である。言い換えれば政府による新しい課税が導入される必要がある。具体的にみると1年の内ある期間は一般の消費者が電気を買えないような高価格となり、消費をあきらめる外ないという状態が前提とされる。

このような課税方式が固定費回収のために制度として組み込まれる必要があるとしたら、総

括原価方式を古草履のように棄てて、SMCに移行する前に慎重に両者の比較検討を行う必要があるだろう。

SMCという市場原理型の改革を行おうとすると赤字解消のための新しい課税が必要となるというのは根本的な矛盾ではないだろうか。